

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-213081

(43)Date of publication of application : 04.08.1992

(51)Int.Cl.

G01R 31/302

(21)Application number : 03-057358

(71)Applicant : YOKOGAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 20.03.1991

(72)Inventor : SUGIYAMA SUNAO
MIZUTA YOSHIYA
OTE AKIRA

(30)Priority

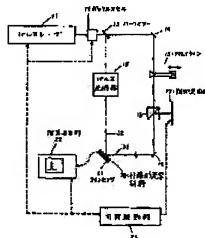
Priority number : 02277086 Priority date : 16.10.1990 Priority country : JP

(54) OPTICAL SAMPLING APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize the optical sampling apparatus which is not affected by jitter, has high time resolution, and can measure even a single-shot phenomenon.

CONSTITUTION: When an optical pulse 31 returned from a circuit to be measured 17 and a short optical pulse from a second optical-pulse generating means are intersected on a nonlinear optical material 20, a spatial time difference is generated. The difference is detected with a line sensor 21 through the second higher harmonic. Thus, the returned optical pulse 31 is sampled with the short optical pulse 32. Therefore, the voltage waveform to be measured can be measured. The waveform of the high-speed optical pulse can be measured by the same principle.



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】出力光パルスが被測定回路に照射される第1の光パルス発生手段と、この第1の光パルス発生手段の出力光と同期して時間的により短い光パルスを出力する第2の光パルス発生手段と、前記被測定回路からの戻り光と前記第2の光パルス発生手段からの光パルスが空間的に時間差が生じるようにその内部で交差して照射される非線形光学材料と、この非線形光学材料から発生する光の空間的な分布を電気信号に変換するラインセンサとを備え、ラインセンサの出力に基づいて被測定回路の電圧波形を測定するように構成したことを特徴とする光サンプリング装置。

【請求項2】被測定光を出力する被測定光源と、この被測定光源と同期して時間的により短い光パルスを出力する光パルス発生手段と、前記被測定光源からの出力光と前記光パルス発生手段からの光パルスが空間的に時間差が生じるようにその内部で交差して照射される非線形光学材料と、この非線形光学材料から発生する光の空間的な分布を電気信号に変換するラインセンサとを備え、ラインセンサの出力に基づいて被測定光源から出力される光パルスの強度の時間変化を測定するように構成したことを特徴とする光サンプリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は超高速電子デバイス(GaAs IC, InP IC)等における高速の電気信号や、高速の光パルス波形を測定する光サンプリング装置の改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近の高速電子デバイスであるGaAsのMESFETでは発振周波数が100GHzを越え、InGaAs/AlGaAs変調ドープFETでは200GHz以上の特性が得られている。これらの高速電子デバイスは、従来のサンプリングオシロスコープ等では次の2つの理由からその特性を測定することができない。(イ)測定帯域幅の不足最近の高速電子デバイスの特性は、従来のサンプリングオシロスコープやネットワークアナライザの測定帯域を上回ってしまう。(ロ)接触による測定一般に素子が高速になるほどその配置に依存する寄生容量等の影響を受けやすくなり、高速化を妨げる原因となる。従来のサンプリングオシロスコープは測定時に素子にプローブを接触させるために、素子の特性に影響を与えてしまう。

【0003】従来、高速度現象の測定には、サンプリング法が用いられていた。図5にサンプリング法の原理を示す。すなわち、(A)のように連続するN個の被測定信号に対して、ゲート時間を少しずらすしながら測定し、その結果を合成して(B)のような測定値を得る。このため高速度現象でも低速現象として処理することができる。この技術では、サンプリング幅が測定結果の

2

時間分解能を決定する。測定帯域幅を増大させるには、このサンプリング幅を短縮する必要がある。一方、レーザの分野では近年、数psから数fsの光パルスを得ることが可能となってきた。そこで、この光パルスをサンプリングのゲートパルスとして用いることで、従来の電気的な手法では測定できなかった高速な信号を測定することができるようになり、さらに測定素子にプローブを接触させる必要がないので、素子に影響を与えずに測定することができるようになった。

【0004】上記のように光パルスをサンプリングに用いた測定装置の従来例を図6に示す。この装置は、GaAs基板が電気光学効果を有するので、電界の大きさに応じてその戻り光の偏波面が変化することを利用している。YAGレーザー1の出力光はパルス圧縮部2でps程度のパルス幅に圧縮され、偏光子3、波長板4を介して被測定回路5に照射される。ここで被測定回路5がGaAs集積回路やInP等の電気光学効果を持つ材料で作られているとすると、回路が動作状態にあれば、その発生電界により照射された光の偏波面が変化する。したがってその反射戻り光は入射光とは異なる偏波面を持つ。この偏波成分は偏光子3で分離された後受光素子6でその強度が測定され、表示部8で測定電圧波形が表示される。被測定回路5を駆動する駆動回路7の繰返し周波数をYAGレーザー1のパルスの繰返し周波数から僅かにずらし順次サンプリングすることにより、高速の現象も低速の現象として処理することができ、図5で説明したサンプリング技術と同じ原理で被測定回路5の内部電圧波形を測定することができる。この装置によればpsオーダーのサンプリング速度で測定が可能である。

【0005】また従来から高速の光パルスを測定する手段として、自己相関法を用いるSHG相関計が用いられている。被測定光パルスを2つの光路に分け、光路差を与えてSHG結晶に入射させ、SHG結晶から発生する2次高調波の強度を光路差を変化させながら測定することにより、光のパルス幅を測定することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図6の装置では測定信号とサンプリングパルス間のジッタにより時間分解能が低下するという課題がある。すなわちジッタが光パルスのパルス幅に比べて大きくなると、そのジッタ程度のパルス幅の光でサンプリングすること同となり、パルス幅でなくジッタによって時間分解能が決まるようになる。このようなジッタは0.1ps程度は必ず存在するので、時間分解能が制限されてしまう。また上記の装置では時形劣化のサンプリング法を用いているので、同じ波形が繰返さなければ測定できず、単発現象を測定することはできない。一方、前述のSHG相関計には次のような問題があり、その使用が制限されていた。

(イ)繰返し光パルスしか測定できず、単一光パルスの測定が本質的に不可能である。

3

(ロ) 自己相関法であるために、パルスの形状を測定することができない。したがって、同じパルス幅であっても、パルスの形状が異なるとパルス幅が異なると測定されてしまう。

(ハ) SHG 結晶で2次高調波を発生する構成であるため効率が悪く、被測定光の強度が低いと測定することができない。

【0007】この発明は上記の問題を解決するためになされたもので、ジッタに影響されず、高い時間分解能を持ち、単発現象でも測定することができると光サンプリング装置を実現することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る光サンプリング装置の第1は出力光パルスが被測定回路に照射される第1の光パルス発生手段と、この第1の光パルス発生手段の出力光と同期して時間的に短い光パルスを出力する第2の光パルス発生手段と、前記被測定回路からの戻り光と前記第2の光パルス発生手段からの光パルスが空間的に時間差が生じるようにその内部で交差して照射される非線形光学材料と、この非線形光学材料から発生する光の空間的な分布を電気信号に変換するラインセンサとを備え、ラインセンサの出力に基づいて被測定回路の電圧波形を測定するように構成したことを特徴とする。本発明に係る光サンプリング装置の第2は被測定光を出力する被測定光源と、この被測定光源と同期して時間的に短い光パルスを出力する光パルス発生手段と、前記被測定光源からの出力光と前記光パルス発生手段からの光パルスが空間的に時間差が生じるようにその内部で交差して照射される非線形光学材料と、この非線形光学材料から発生する光の空間的な分布を電気信号に変換するラインセンサとを備え、ラインセンサの出力に基づいて被測定光源から出力される光パルスの強度の時間変化を測定するように構成したことを特徴とする。

【0009】

【作用】被測定回路からの戻り光パルスと第2の光パルス発生手段からの短い光パルスが非線形光学材料上で交差する際に空間的な時間差が生じ、これをラインセンサが2次高調波を介して検出することにより、前記戻り光パルスが前記短い光パルスでサンプリングされるので、測定電圧波形を測定することができる。また被測定光パルスと光パルス発生手段からの短い光パルスが非線形光学材料上で交差する際に空間的な時間差が生じ、非線形光学材料の射出光をラインセンサが検出することにより、前記被測定光パルスが前記短い光パルスでサンプリングされるので、被測定光パルス強度の時間変化を測定することができる。

【0010】

【実施例】以下本発明を図面を用いて詳しく説明する。図1に本発明に係る光サンプリング装置の一実施例を示す。図1において、11はYAGレーザ等のパルスレー

4

ザ、12はパルスレーザ11から出力される光パルスの通過を制御するシャッタを構成するポッケルスセル、13はポッケルスセルから出力された光を2光路に分割する分輝手段を構成するハーフミラー、14はハーフミラー13を通過した光の方向を変えるミラー、15はミラー14で反射した光の光路長を調整するための光のディレイライン、16はディレイライン15を通過した光を反射する偏光子、17は偏光子16からの反射光が照射されるGaAs集積回路からなる被測定回路である。18はハーフミラー13で反射した光のパルス時間幅を小さくするパルス圧縮器、20は非線形光学材料で、被測定回路17からの戻り光が偏光子17およびミラー19を介して一方から入射し、パルス圧縮器18の出力光が他方から入射して、両者が内部で交差するように配置されたKTPやBBO等の非線形光学結晶を用いたもの、21は非線形結晶20と対向してその端面に近接して設けられ、非線形結晶で発生する2次高調波を受光するラインセンサで、CCD (Charge-Coupled Device) 等のように一直線上の光の強度分布を測定するもの、22はラインセンサ21の出力に基づいて被測定回路17の信号電圧波形を演算・表示する演算表示部、23は被測定回路17の駆動信号、ラインセンサ21のスクリーン信号、パルスレーザ11のタイミング信号およびポッケルスセル12の駆動信号を発生する同期駆動部である。ここでポッケルスセルとは電気光学効果であるポッケルス効果を用いた光スイッチの一種である。パルスレーザ11、ポッケルスセル12およびハーフミラー13は被測定回路17に照射する光パルスを発生する第1の光パルス発生手段を構成し、パルスレーザ11、ポッケルスセル12、ハーフミラー13およびパルス圧縮器18は第1の光パルス発生手段の出力光と同期して時間的に短い光パルスを出力する第2の光パルス発生手段を構成する。

【0011】上記装置の動作を次に説明する。パルスレーザ11は光のパルスを発生するが、この中から1つの光パルスだけがポッケルスセル12を透過してミラー14およびディレイライン15を介して偏光子16で反射され被測定回路17に照射される。被測定回路17はGaAsが電気光学効果を持つので、回路が動作状態にあれば、照射された光の偏波面を変化させる。すなわちその反射戻り光は入射光とは異なる偏波面を持つ。この偏波面の変化量は内部の電界強度に比例するので、この偏波成分を偏光子16で分離すると、この光は被測定回路内部の電界強度の変化を光の強度に変換したものとなる。一方ハーフミラー13で反射した光パルスはパルス圧縮器18で圧縮され、パルス幅が縮小する。

【0012】被測定回路17からの光パルスとパルス圧縮器18で圧縮された光パルスは、図2に示すように非線形光学結晶20に等しい角度で入射する。また2つの

光パルスはディレイライン15により光路差を調節されているので、非線形光学結晶20に同時に到着する。このとき2つの入射光は互いに直交する偏波面を持つ。非線形光学結晶20は2つの光が同時に入射したときに入射光の2次高調波、すなわち波長が $1/2$ の光を発生する。ラインセンサ21はこの2次高調波のみを受光する。図2に示すように、被測定回路17からの光パルスと圧縮された光パルスは非線形光学結晶20内部で交差するように入射するので、非線形光学結晶20の横軸方向すなわち図のX軸方向に2つの光パルスの間の時間差が生じ、横軸方向が時間差に相当することになる。図2の非線形光学結晶20内部のa点、b点、c点における2つの光ビームの時間差の関係を図3(A)、(B)、(C)にそれぞれ示す。ここで被測定回路17からの光を31、パルス圧縮された光を32で表す。非線形光学結晶20は2つの光が同時に入射した時に入射光の2次高調波を発生するので、2つの光強度の掛算をしていることになる。すなわち図2の横方向に、被測定回路17からの光を、パルス圧縮された光でサンプリングしていることになる。具体的には図2において、パルス圧縮光32が戻り光31と時間的にc点→b点→a点の順で交差するので、図3(C)(B)(A)の順で戻り光のサンプリングが行なわれたことになる。その結果、従来時系列で行っていたサンプリングを空間的なサンプリングで置換えることができる。ラインセンサ21のスクリーンにより検出された信号は演算表示部22で時間軸上の波形として表示され、被測定回路17の動作電圧が測定される。

【0013】このような構成の光サンプリング装置によれば、被測定回路の時間軸上の特性に比例した強度を持つ第1の光パルスと、これよりも細いパルス幅を持つ第2の光パルスを、空間的に時間差が生じるように配置し、その強度の積を非線形光学結晶で得るように構成しているため、次のような利点がある。イ、雑波現象でなく単発現象でも測定することができる。ロ、被測定回路サンプリングする必要が無いので、従来のサンプリング装置と異なり被測定回路の駆動信号と光パルスの間のジッタによる時間分解能の制限が無く、高い時間分解能の光サンプリング装置を実現することができる。

【0014】なお被測定回路はGaAs集積回路に限らず、InP等の電気光学効果を持つ任意の材料で作られるものにも適用することができる。また上記の各実施例ではGaAs集積回路のように、被測定物自身が電気光学材料で構成されている場合を説明したが、シリコン等の電気光学効果を持たない材料にも適用される。この場合はシリコン等の被測定物に近接してLiTaO₃(タンタル酸リチウム)結晶などの電気光学効果を有する材料を配置し、このLiTaO₃結晶に光を照射して、シリコン等からなる被測定回路からの漏れ電界により電気光学効果を生じさせるようにすればよい。ま

た上記の実施例では電気光学効果による偏波面の変化を検出しているが、これに限らず半導体のキャリア密度の変化による吸収スペクトルの変化等の物理量を検出してもよい。この場合は、電気光学材料を用いる代りに半導体材料を被測定回路の電界内に配置し、被測定回路からの電界によりその光吸収率を変化させ、これにパルス光を入射してその光強度を調製する。また被測定回路の反射光を検出する代りに透過光を検出してもよい。また被測定回路に照射される光パルスおよびパルス圧縮された光パルスは異なる2台の光源を同期させて用いてもよい。また非線形光学材料20として結晶以外の材料を用いることもできる。また図2において、戻り光パルスと圧縮光パルスは等しい角度で非線形光学結晶20に入射するとき効率が最大となるが、異なる角度で入射させてもよい。

【0015】図4は本発明に係る光サンプリング装置の他の実施例で高速光パルスの強度の時間変化を測定するものを示す構成ブロック図である。図1と同じ部分は同一の記号を付して詳しい説明を省略する。図において、被測定光源40から出力された被測定パルス光は平行光となり、非線形光学結晶20に入射する。パルス光源11から出力されるパルス光はポッケルスセル12、パルス圧縮器18、ディレイライン15を通り、非線形光学結晶20に入射する。2つの光は図2の場合と同様、非線形光学結晶内部で交差するように配置されている。ディレイライン15は2つの光パルスを非線形光学結晶20に同時に到着するように、光路差を調節するために設けられている。非線形光学結晶20の後部にはラインセンサ21があり、非線形光学結晶20で発生する2次高調波を受光する。ラインセンサ21の出力は演算表示部22に導かれる。パルス光源11、ポッケルスセル12、ラインセンサ21、演算表示部22および被測定光源40は同期駆動部23により駆動される。パルスレーザ11、ポッケルスセル12およびパルス圧縮器18は被測定光源と同期して時間的に非常に短い光パルスを出力する光パルス発生手段を構成する。

【0016】図4の装置は動作は図1の場合と同様である。パルス圧縮器18でパルス圧縮された光パルス41は被測定光源40からの光パルス41に比べて十分に細くなり、図2、図3で示したのと同様の動作で光パルス41を光パルス42でサンプリングすることになる。その結果、被測定光源40からの光パルスを演算表示部22で時間軸上の波形として表示することができる。

【0017】このような構成の光サンプリング装置によれば、被測定光源からの光パルスと、これよりも細い光パルスを、空間的に時間差が生じるように配置し、その強度の積を非線形光学結晶で得るように構成しているため、次のような利点がある。

(イ) 被測定光パルスが雑波現象でなく、単発現象でも測定することができる

7

。(ロ) 従来の自己相関測定と異なり、パルスの形状が測定できる。

(ハ) 被測定光のパワーが微弱でも測定できる。これは被測定光源からの光パルスが微弱であっても、もう一方の光パルスの強度を十分強くすれば、非線形効果により発生する光の強度を測定に充分な強度まで増加させることができるためである。

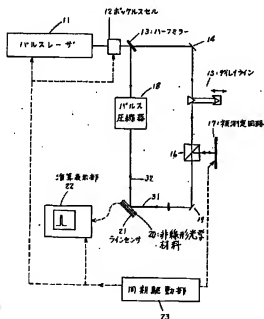
【0018】なお上記の各実施例では2つの光パルスの波長が等しい場合なので2次高調波をラインセンサで受光しているが、波長が異なる場合には和周波、差周波、パラメトリック発振等により非線形光学材料(KTP、BBOでも可能)から(少なくとも一方の)入射光と異なる波長の光を発生させ、これをラインセンサで検出してもよい。

【0019】

【発明の効果】以上実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明によれば、ジッタに影響されず、高い時間分解能を持ち、単発現象でも測定することができる光サンプリング装置を簡単な構成で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】



8

【図1】本発明に係る光サンプリング装置の一実施例を示す構成ブロック図である。

【図2】図1の回路の動作を示すための動作説明図である。

【図3】図1の回路の動作を示すための他の動作説明図である。

【図4】本発明に係る光サンプリング装置の他の実施例を示す構成ブロック図である。

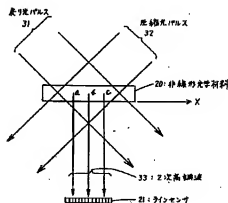
【図5】従来のサンプリング技術の原理図である。

【図6】光サンプリング装置の従来例を示す構成ブロック図である。

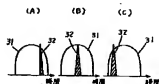
【符号の説明】

- 11 パルスレーザ
- 12 ボックスセル
- 13 ハーフミラー
- 15 デレイライン
- 17 被測定回路
- 18 パルス圧縮器
- 20 非線形光学材料
- 21 ラインセンサ
- 40 被測定光源

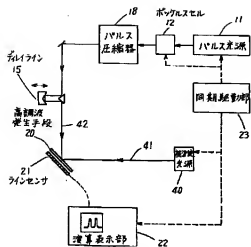
【図2】



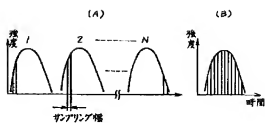
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

